

Reinhard Oettel

Klaus Schlenzig

Transistor-Elektronik für Modellbahnen

Preis 1,– MDN

Original-Bauplan Nr. 5

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

Von Modelleisenbahnen träumt wohl jedes Kind. Daß der Kreis auch der erwachsenen Modellbahnfreunde sehr groß ist, zeigen die Käuferscharen in den Fachgeschäften, besonders während der Weihnachtszeit. Ernsthafte Modellbahnanhänger haben sich sogar in einem eigenen Verband organisiert. Ihnen kann dieser Bauplan für ihre Tätigkeit zusätzliche Anregungen geben. Die größere Zahl der Interessenten wird aber sicherlich bei den vielen tausend „zeitweiligen" Modellbahnern zu finden sein, besonders bei denen, die sich gern mit elektronischen Basteleien beschäftigen.
Über das interessante Hobby hinaus soll auch dieser Bauplan einen Beitrag zur allgemeinen polytechnischen Bildung, zur Erweiterung der Kenntnisse auf elektronischem Gebiet und zum Erwerb praktischer Fertigkeiten leisten.
Eine moderne Volkswirtschaft im Zeichen der technischen Revolution verlangt entsprechende Verkehrsmittel. Einer der wichtigsten Helfer dabei ist die Elektronik. Blocksicherungssysteme, die eine kontinuierliche Zugfolge garantieren und dabei für größtmögliche Sicherheit sorgen, benutzt seit langem z. B. die Berliner S-Bahn. Erst seit kurzer Zeit aber helfen Elektronenrechner bei der Zusammenstellung von Güterzügen, bei der Sicherung eines optimalen Verkehrsablaufs usw. UKW-Sende- und -Empfangsanlagen garantieren eine direkte Verständigung beim Rangierdienst und ermöglichen sogar Telefongespräche aus fahrenden Reisezügen.
Vor einiger Zeit berichtete die Presse, daß in der Sowjetunion ein vollautomatischer, programmgesteuerter Güterzug in Erprobung wäre. Ebenso fanden bereits Versuche mit fahrerlosen, vollautomatisierten Metrozügen statt. Zur Anwendung der modernsten Technik im Verkehrswesen gehören schließlich auch automatische Fahrscheindrucker, Temperaturfernmesser (Anzeige des Heißlaufens bei fahrenden Zügen), die automatische Fahrplanauskunft usw.
Diese Aufzählung sollte noch einmal den Umfang und damit die große Bedeutung der Elektronik im Verkehrswesen andeuten. Gleichzeitig wird damit auch klar, wie notwendig und wichtig die Freizeitbeschäftigung mit elektronischen Einrichtungen ist. So mancher hat sich wahrscheinlich schon Gedanken gemacht, wie man solche elektronischen Einrichtungen für die Modellbahnanlage nachbilden könnte.
Im folgenden sollen daher einige einfache Anwendungsmöglichkeiten elektronischer Einrichtungen für Modellbahnanlagen gezeigt werden. Viele unserer jungen Leser werden auf diese Weise durch ihr Hobby wertvolle Erfahrungen für Beruf und tägliches Leben erwerben.
Behandelt werden die Themen:

- **Automatische Halt- und Abfahrtseinrichtungen**
  Beim Einfahren eines Zuges wird ein Kontaktsystem betätigt. Es sorgt dafür, daß der Zug am Bahnsteig anhält und nach einer vorgegebenen Wartezeit seine Fahrt selbsttätig fortsetzt.

– **Automatische Halteeinrichtung mit akustischer oder optischer Abfahrtsbeeinflussung**
  Ein ankommender Zug hält selbsttätig am Bahnhof an. Er setzt seine Fahrt erst dann wieder fort, wenn ein Pfiff ertönt oder ein Lichtsignal gegeben wird.
– **Blocksicherungssystem**
  Auf einer eingleisigen Strecke können mehrere Züge fahren. Durch entsprechende Schalteinrichtungen wird gewährleistet, daß die Züge nicht aufeinander auffahren können.
– **Elektronischer Überstromschutz**
  Die elektronischen Schaltungen enthalten Transistoren. Für diese sind die herkömmlichen Kurzschluß-Abschalteinrichtungen oft zu träge. Deshalb wird eine einfache elektronische Abschalteinrichtung beschrieben.
– **Hinweise zur vielseitigen Verwendbarkeit der angegebenen Schaltungen**
  Hier folgen weitere Varianten, die außerhalb des Einsatzbereichs „Modellbahn" liegen.

Der Leserkreis, den dieser Plan anspricht, ist sehr groß. Für viele wird er die erste Berührung mit der Elektronik darstellen. Es erschien daher sinnvoll, einige auf das Notwendigste beschränkte Erläuterungen zu den verwendeten Bauelementen zu geben. Vorausgesetzt wird allerdings die Kenntnis grundsätzlicher Zusammenhänge der Elektrotechnik, wie sie heute die allgemeine Schulbildung vermittelt.

2. Das Wichtigste über einige Bauelemente der Elektronik

Zu elektronischen Bauelementen gibt es viel zu sagen. Hier soll ihre Funktion aber nur auf die im Bauplan ausgenutzten Möglichkeiten hin erläutert werden. Das mag vielleicht etwas einseitig sein, paßt sich jedoch dem gegebenen engen Rahmen an. Sehr gründliche, auch dem Anfänger verständliche Informationen über Bauelemente liefern drei Broschüren der Reihe „Der praktische Funkamateur" ⟨1⟩ ⟨2⟩ ⟨3⟩.

2.1. Transistor

Kernstück der wichtigsten in diesem Bauplan beschriebenen Schaltungen ist der Transistor. Dieses noch relativ junge Bauelement vermag kleine Eingangsströme, um den ihm eigenen (exemplarabhängigen) Stromverstärkungsfaktor vergrößert, an einen zweiten Stromkreis abzugeben. Wegen der unterschiedlichen Ein- und Ausgangswiderstände kommt in der hier verwendeten Emitterschaltung (Emitter als gemeinsame Elektrode für beide Stromkreise) noch eine Spannungsverstärkung hinzu. Bild 1 gibt symbolisch über alles Wissenswerte Auskunft.

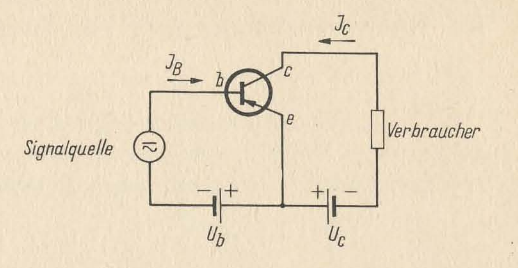


Bild 1
Transistor in Emitterschaltung. I_B bei Vorstufen einige 10 bis 100 μA, bei Endstufen bis zu einigen Milliampere. I_C bis zu einigen Milliampere bei Vorstufen, einige 100 mA bei Endstufen.
b – Basis, e – Emitter,
c – Kollektor

Statt der dort gezeigten beiden Batterien genügt in Wirklichkeit eine im Kollektorstromkreis, aus der man mit mindestens einem weiteren Widerstand den „Arbeitspunkt" des Transistors einstellt. Bei Schaltverstärkern entfällt diese Einstellung oft. Ist die Basis gemeinsame Elektrode beider Kreise, so spricht man von der Basisschaltung. Ihr Eingangswiderstand ist sehr klein, der Ausgangswiderstand sehr groß. Die Stromverstärkung beträgt weniger als 1, die Spannungsverstärkung weit darüber. Umgekehrt liegt der Fall bei der Kollektorschaltung. Diese wird im Bauplan neben der Emitterschaltung benutzt. Besondere Kennzeichen: großer Eingangs- und kleiner Ausgangswiderstand. Dadurch ist die Belastung der „Quelle" klein.

Transistoren sind sehr empfindlich gegen höhere Temperaturen und elektrische Überlastung (zu hohe Spannung, falsche Polung usw.). Man halte sich daher eng an die in den Schaltungen gegebenen Werte. Für uns genügt es außerdem zu wissen, daß Transistoren u. a. nach ihrer zulässigen Verlustleistung eingeteilt werden: Die kleinsten darf man bei Zimmertemperatur mit etwa 30 mW, andere mit 50 bis 150 mW, die größeren mit 1 bis 4 W belasten.

Ein Transistor eignet sich um so besser, je größer seine Stromverstärkung ist und je kleiner der Kollektorreststrom (d. h. der Strom, der schon ohne Basisstrom fließt und sich etwa alle 7 °C verdoppelt). „Normale" Transistoren haben in Emitterschaltung Stromverstärkungen zwischen 30 und 150 sowie Restströme unter 200 μA (bei Zimmertemperatur).

2.2. Signalquellen: Mikrofon und Fotowiderstand

Ein Mikrofon setzt Schall in elektrische Schwingungen um. Das geschieht entweder durch einen beweglichen elektrischen Leiter (Spule) im Magnetfeld (dynamisches Mikrofon) bzw. durch Ändern des Magnetfelds über eine Membran (Telefonhörkapsel als Mikrofon) oder ähnlich dem Kristalltonabnehmer über die Umwandlung von Druck auf bestimmte Kristalle in elektrische Spannung (Kristallmikrofon). Andere Mikrofonarten sind für unsere Zwecke uninteressant. In den genannten Fällen entstehen bei Auftreffen von Schall höchstens einige Millivolt (1/1000 V). Bei Belastung z. B. mit dem Eingangskreis eines Transistors bricht diese kleine Spannung beim Kristallmikrofon aber auf einen noch

kleineren Wert zusammen, denn dieses Mikrofon ist hochohmig. Aus dem Quotienten von Urspannung (unbelastet) und Innenwiderstand des Mikrofons plus Eingangswiderstand des Transistorverstärkers ergibt sich der in jedem Falle recht kleine Eingangsstrom des Transistors. Im Bauplan wird auf die Möglichkeit verzichtet, Quelle und Verstärker einander mit Transformator oder Impedanzwandler (Transistor in Kollektorschaltung) anzupassen, da bei Einhaltung der gegebenen Schaltungen die gewünschten Effekte auch so erreicht werden.
Während Mikrofone Wechselspannungen bzw. -ströme abgeben, ändert der Fotowiderstand in Abhängigkeit von der Beleuchtung die Höhe eines Stromes, den z. B. eine Batterie durch ihn treibt.
Je heller man den Fotowiderstand beleuchtet, um so stärker wird der Strom, da sich der Dunkelwert des Fotowiderstands (einige Millionen Ohm) im Hellen auf wenige Tausend Ohm reduziert. Nach dem Ohmschen Gesetz hat man es also in diesem Fall weitgehend in der Hand, wie groß bei bestimmter Helligkeit der Strom für den Transistor wird:

$$I_{hell} = \frac{U_{Batt}}{R_{hell} + R_{Eing\,(Trans)} + R_{Schutz}}$$

R_{Schutz} stellt einen zusätzlichen Widerstand im Stromkreis dar, der den Strom begrenzt. Sonst kann dieser leicht für den Transistor (in dessen Eingangskreis man ihn zwecks Verstärkung schickt) und für den Fotowiderstand schädliche Werte annehmen.

2.3. Widerstand und Kondensator

Diesen beiden Bauelementen begegnet man in nahezu jeder elektronischen Schaltung.
Mit Widerständen werden die verschiedenen notwendigen Spannungen in der Schaltung aus der Batteriespannung gewonnen. Für sie gilt das Ohmsche Gesetz $I = \frac{U}{R}$. In den beschriebenen Schaltungen werden Kohleschichtwiderstände benutzt. Je größer sie sind (volumenmäßig gesehen), um so höher kann man sie belasten, denn anliegende Spannung und durchfließender Strom erzeugen in ihnen Wärmeleistung: $P = U \cdot I$. Uns genügen die kleinsten: 1/20- oder 1/10-(1/8)-W-Typen. Ihre Kennzeichnung besteht meist aus einem Farbcode: Drei Farbpunkte geben den Wert, ein oder zwei weitere die Toleranz an, die in

diesem Falle weniger interessiert. Randnächster Punkt: erste Ziffer, zweiter Punkt: zweite Ziffer des Wertes (bei der alten Gruppierung nach DIN steht an dieser Stelle meist eine Null), dritter Punkt: Zahl der restlichen Nullen. Die Farbskala lautet:

braun	= 1	grau	= 8
rot	= 2	weiß	= 9
orange	= 3	schwarz	= 0
gelb	= 4		
grün	= 5		
blau	= 6		
violett	= 7		

braun = 1
schwarz = 0
gelb = 4 = 0000
100000 Ω = 100 kΩ

orange = 3
orange = 3
schwarz = 0
330 Ω

Bild 2
Farbkode von Widerständen – Beispiel 100 kOhm und 330 Ohm

Beispiele siehe Bild 2. Die Angabe des Widerstandswerts erscheint oft merkwürdig: 27 kOhm, 39 kOhm usw. bezeichnen Widerstandswerte, die sich meist ohne weiteres durch die früher gebräuchlichen 25 oder 30 kOhm im ersten und 40 kOhm im zweiten Falle ersetzen lassen. Die neuere Reihe der „krumm" erscheinenden Werte hat Fertigungsgründe (Ausbeute bei bestimmtem Toleranzbereich) und ist international gebräuchlich (IEC-Norm).
Widerstände, bei denen man außen beliebige Teilwerte abgreifen kann, heißen Potentiometer, Regler oder Einstellwiderstände. In den beschriebenen Schaltungen wird der kleine Regler verwendet, der sich mit dem Schraubenzieher einstellen läßt.
Der Kondensator hat bei den Schaltungen des vorliegenden Planes zwei Aufgaben. Einmal trennt er beim Mikrofonverstärker den Gleichstromweg des Basisstroms vom Wechselstromweg des Signalstroms. Zum anderen wird sein Speichervermögen ausgenutzt. Je größer die Kapazität eines Kondensators, um so mehr Ladungsmenge vermag er bei bestimmter Spannung zu speichern, um so länger dauert seine Entladung, wenn ein Widerstand (oder ein Relais) seine beiden Anschlüsse überbrückt. Auf diese Weise arbeiten z. B. Zeitschalter und Multivibrator. Wir verwenden dazu Elektrolytkondensatoren (kurz Elkos) verschiedener Kapazität (gemessen in μF = Mikrofarad) und mit Spannungen, die mindestens der Versorgungsspannung für die Schaltungen entsprechen müssen.

2.4. Übertrager (Transformator)

Zwei oder mehr, meist durch einen speziellen Eisenkern gekoppelte Drahtwicklungen bilden einen Übertrager. Das Verhältnis der Windungszahlen heißt Übersetzungsverhältnis. Legt man an die eine Wicklung eine Wechselspannung,

so erscheint eine um den Übersetzungsfaktor in ihrer Höhe veränderte Wechselspannung an der anderen Wicklung: $U_2 = ü \cdot U_1$; $ü = w_2/w_1$.
Da sich die Ströme umgekehrt verhalten, übersetzen sich Widerstände mit dem Quadrat der Windungszahl. Auf diese Weise kann man nicht nur zwei Stromkreise gleichstrommäßig trennen, sondern z. B. hochohmige Quellen an niederohmige anpassen. Das geschieht beim Rundfunkempfänger z. B. in der Endstufe, die an den niederohmigen Lautsprecher angepaßt wird.
Je niedriger die Windungszahlen, um so schlechter werden tiefe Frequenzen übertragen. Je größer der Kern, um so mehr Leistung kann man transformieren. Im Bauplan kommen wir mit dem kleinen Treibertrafo K 30 aus dem „Stern 102" (früher „T 100") aus.

2.5. Relais

Die „Ausgabe" des verstärkten Signals erfolgt bei Schaltvorgängen oft durch ein Relais. Prinzipiell handelt es sich dabei wieder um einen Verstärker: In eine Drahtspule wird der Erregerstrom geschickt. Bei einer bestimmten Höhe dieses Stromes zieht das Relais an, denn das im Kern entstehende Magnetfeld vermag jetzt eine entsprechende Kraft auf den Anker auszuüben. Der Anker wiederum schließt oder öffnet einen bzw. mehrere Kontakte. Diese Kontakte nun können in anderen Stromkreisen im Vergleich zum Erregerstrom wesentlich größere Ströme schalten.
Übrigens fällt der Anker erst dann wieder ab, wenn der Erregerstrom recht erheblich unter den Anzugsstrom sinkt. Man braucht also eingangsseitig ein möglichst großes Verhältnis von Ein- und Abschaltstrom, das vom Schaltverstärker in Verbindung mit der Signalquelle aufzubringen ist.

2.6. Diode

Falls der Verstärker zunächst Wechselspannung verarbeiten muß, z. B. weil die Quelle ein Mikrofon ist, dann braucht man einen Gleichrichter, hinter den dann der Schaltverstärker angeschlossen wird. Dafür eignen sich sehr gut Halbleitergleichrichter, und zwar sowohl Spitzen- als auch Flächendioden. Sie lassen bei entsprechender Polung den Strom fast ungehindert durch und sperren ihn in der anderen Richtung bis zu einer typenabhängigen Sperrspannung. Die Abhängigkeit des Stromes von der Polung wird auch zum Gewinnen der Gleichspannung für die Anlage und zur Signalgabe bei bestimmter Fahrtrichtung ausgenutzt.
In den Bildern 3 und 4 sind die genannten Bauelemente und ihre Schaltsymbole zusammengefaßt.

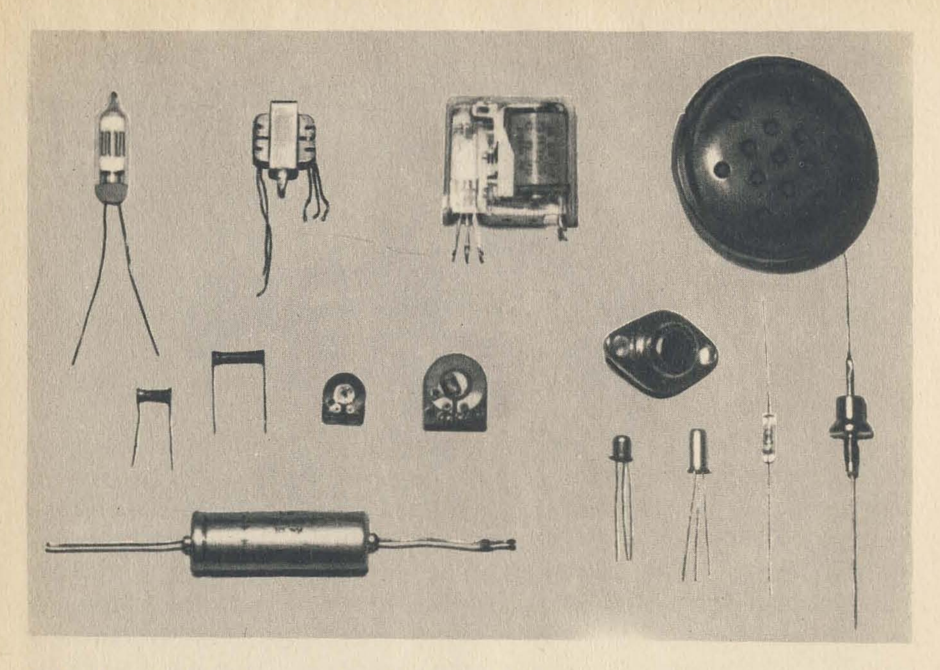


Bild 3 Vertreter der im Plan verwendeten Bauelemente:
Fotowiderstand, Ubertrager, Relais, Mikrofon, Widerstände, Elko, Einstellregler, Transistoren, Dioden

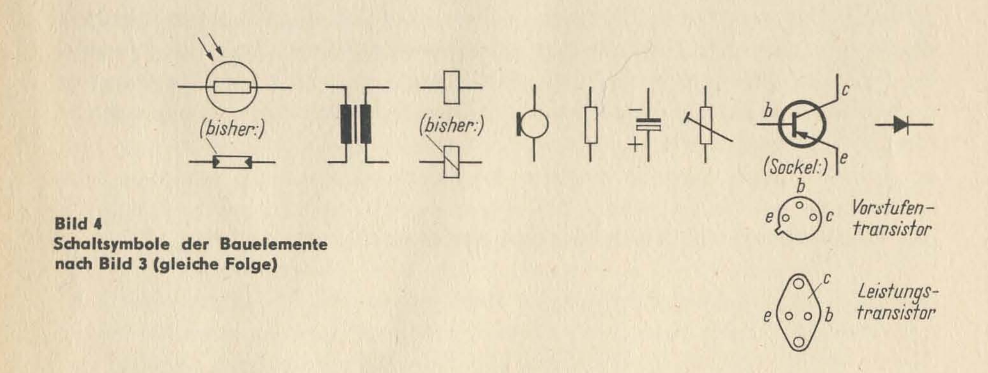


Bild 4
Schaltsymbole der Bauelemente nach Bild 3 (gleiche Folge)

3. Handwerkliches

Dieser Bauplan wendet sich an eine ganze Reihe von Interessenten, die die ersten Baupläne nicht kennen und bei denen nicht immer vorausgesetzt werden kann, daß sie sich in der Technologie elektronischer Geräte auskennen. Daher folgen einige Erläuterungen.

3.1. Werkzeug

Wichtigstes „Werkzeug" sind handwerkliche Fähigkeiten. Dazu zählt die Kenntnis des Umgangs mit dem Lötkolben (er sollte höchstens 100 W Leistung aufnehmen). Daneben benötigt man das in allen Fachgeschäften erhältliche Fadenlötzinn mit Kolophoniumfüllung, aus der Drogerie etwas Spiritus und von dort oder aus der Musikalienhandlung Kolophonium. Hinzu kommen eine Flachzange, eine alte Schere oder besser ein Seitenschneider, Schmirgelleinen, ein Messer und vielleicht noch ein Glaspinsel aus dem Papierwarengeschäft. Eine Laubsäge dürfte vorhanden sein. Für das in Frage kommende Material (Hartpapier, Kunststoff, Holz) werden Metall- und Holzsägeblätter benötigt.
Nützlich ist eine kleine Handbohrmaschine, denn ein Drillbohrer wird auf die Dauer etwas unpraktisch. Schließlich braucht man noch einige Feilen und einen Schraubstock. Bild 5 faßt einen Teil der genannten Gegenstände zusammen.

3.2. Das richtige Löten

Meist müssen zwei oder mehr Drähte miteinander verbunden werden; seltener hat man einen Draht an einem Blech zu befestigen. Immer aber bleibt Voraussetzung, daß das betreffende Material mit den Mitteln des Amateurs lötbar ist. Das trifft unbedingt zu für Silber, Kupfer, Messing u. ä.; und mit diesen Materialien oder entsprechenden Oberflächen hat man es hauptsächlich zu tun.

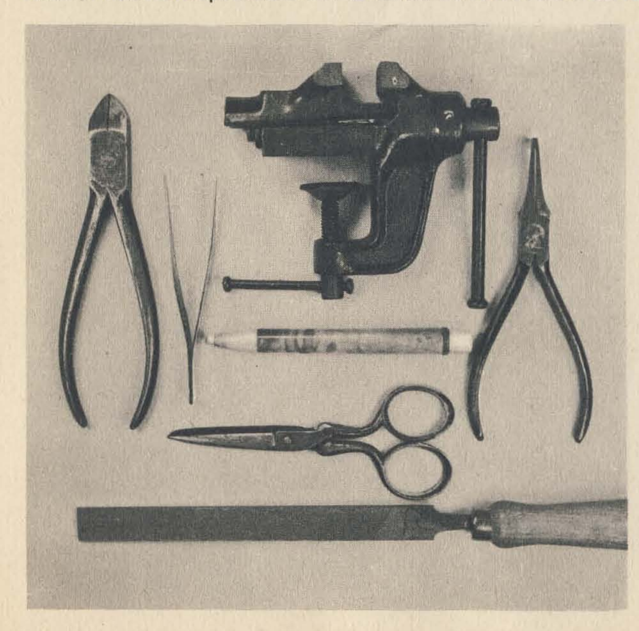


Bild 5
Ein Teil des empfohlenen Werkzeugs

Zum Weichlöten, um das es sich hier handelt, wird ein handelsübliches Zinnlot (s. o.) benutzt. Dieses geht mit den Oberflächen der zu lötenden Metalle im geschmolzenen Zustand eine Verbindung ein und bildet die leitende „Brücke" zwischen den zu verbindenden Drähten, Blechen u. ä.
Oxide lassen sich nicht löten; und oxydiert ist praktisch jede der in Frage kommenden Oberflächen. Daher sind die betreffenden Stellen kurz vor dem Löten zu säubern (mit Glaspinsel, feinem Schmirgelleinen, Messer o. ä.).
Eine zuverlässige Lötstelle mit genügendem mechanischem Halt ist erst dann gegeben, wenn die Drähte ringsum von Zinn erfaßt sind, da nur auf diese Weise die aneinanderliegenden Teile sicher durch das Zinn verbunden werden. Daher muß man jedes Teil nach dem Säubern vorverzinnen.
Das flüssige Zinn besitzt eine Oberflächenspannung, die es an der Lötkolbenspitze haften läßt. Außerdem oxydiert seine Oberfläche. Ein geeignetes Flußmittel reduziert sowohl diese Spannung als auch die löthemmende Wirkung des Oxides. Diese Wirkung aber ist durch den Wärmeeinfluß zeitlich begrenzt. Daher verzinnt und lötet man in Gegenwart von Flußmittel. Es ist auch nützlich, unmittelbar vor dem Löten die Kolbenspitze kurz mit Flußmittel in Berührung zu bringen. Die sich am Schaft der Lötkolbenspitze bildenden Verbrennungsrückstände muß man allerdings von Zeit zu Zeit entfernen. Dazu eignet sich ein am Lötkolbenständer befestigter kleiner Leinenwickel.
Ungeeignete Flußmittel enthalten aggressive Bestandteile, z. B. Salzsäure. Sie gestatten zwar das Löten ohne sorgfältige Säuberung des Metalls, doch ihre Rückstände zerfressen später langsam Lötstellen und dünne Drähte. Daher verwende man nur festes bzw. in Spiritus gelöstes Kolophonium. Sehr zu empfehlen ist aber auch das jetzt in Rundfunkfachgeschäften erhältliche Flußmittel WFF der Fa. Otto, Magdeburg. Es macht oft eine mechanische Säuberung der Oberfläche überflüssig; Rückstände sollte man aber nach dem Löten mit Spiritus entfernen. Dieses Flußmittel läßt sich auch mit Spiritus wieder verdünnen und mit Kolophonium „strecken".
Verzinnte Drähte, wie sie viele Bauelemente aufweisen, brauchen ebenfalls meist nicht erst gesäubert zu werden. Doch auch bei ihnen ist es nützlich, sie kurz vor dem Löten in etwas Kolophonium oder besser WFF zu verzinnen, damit die graue Oxidhaut einer blanken, lötfähigen Oberfläche weicht.
Beim Lötvorgang selbst benutze man nur soviel Zinn, wie unbedingt gebraucht wird. Kolbenspitze nach dem Verzinnen in Kolophonium tauchen und leicht abschütteln; der Rest genügt! Zuviel Zinn gibt nicht nur unschöne Lötstellen, es kann in engen Schaltungen Kurzschlüsse bringen und gefährdet durch seine große Wärmekapazität empfindliche Bauelemente (Transistoren, Dioden) infolge Wärmeleitung. Zumindest beim Vorverzinnen dieser Teile sollte der Draht mit der Flachzange zwischen Bauelementkörper und Lötstelle gekühlt werden. Mit wenig Zinn ist der Einbau auch ohne Kühlung möglich. Mehr als zwei Drähte gleichzeitig zu verbinden ist eine Kunst. Eine kleine Schlaufe, von einem Draht zur Aufnahme der anderen gebildet, löst das Problem. Man kann alle Enden

auch vorher entsprechend zusammenbiegen, so daß sie bereits aneinanderliegen. Verdrillen vermeide man, da es späteres Auswechseln erschwert. Der Kolben bleibt nur so lange auf der Lötstelle, bis das Zinn die Drähte umfließt. Dann wird er sofort entfernt. Das Zinn erkaltet jetzt. In dieser Zeit darf es nicht erschüttert werden, sonst entsteht eine unsichere, „kalte" Lötstelle. Die Erstarrung des Zinns läßt sich an der leicht ins Stumpf-Graue übergehenden, im flüssigen Zustand noch blank-grauen Oberfläche erkennen.

4. Aufbau elektronischer Schaltungen

4.1. Entwurf

Bestimmend für die Gestaltung technischer Erzeugnisse sind heute die Prinzipien des Leichtbaus. In der Elektronik bedeutete das Abkehr vom massiven Chassis. Die gedruckte Schaltung brachte die Möglichkeit, mit leichten Rahmenkonstruktionen auszukommen. Auch der Amateur vermag hieraus Nutzen zu ziehen, denn die angebotenen Bauelemente ermöglichen es ihm, aus den konstruktiven Lösungen der Industrie zu lernen. Im vorliegenden Fall ist die Sache besonders einfach. Die im Plan vorgestellten Schaltungen sind recht klein an Aufwand und Umfang. Sie können auf jeden Fall den Prinzipien der Leiterplattentechnik gemäß entworfen und aufgebaut werden, ob man nun mit Leiterplatten arbeitet oder von Hand verdrahtet. Bekanntlich ersetzt eine Leiterplatte den größten Teil (möglichst sogar alles) an bisher üblichen Drahtverbindungen, durch die eine Anordnung von elektrischen Bauelementen zu einer „Schaltung" wird. Das geschieht kreuzungsfrei in einer Ebene. Es ist immer wieder reizvoll, auf dem Papier oder auch mit Hilfe von körperlichen Bauelementen (z. B. mit den Anschlüssen auf Pappe gesteckt) sich darin zu üben, derartige Verbindungen nach Stromlauf so zu legen, daß sie sich nicht überschneiden. Das sollte außerdem in dem vorgeschriebenen Rahmen geschehen, den z. B. ein gegebenes Gehäuse festlegt.
Schließlich hat man bei kritischen Schaltungen noch die Lage der Bauelemente zueinander zu beachten – doch das spielt im vorliegenden Falle keine Rolle. ⟨4⟩ ⟨5⟩ ⟨6⟩ geben zu diesen Problemen, zur Herstellung von Leiterplatten und zur Gestaltung von Baugruppen fast jede gewünschte Auskunft.

4.2. Gestaltung der Trägerplatten

Die hier beschriebenen Schaltungen haben durchweg einen so geringen Umfang, daß man mit kleinen Hartpapierplatten (Dicke 1 bis 2 mm) auskommt. Es ist sinnvoll, mit den Normen der gedruckten Schaltung zu arbeiten, da das vielen der verwendeten Bauelemente entgegenkommt, besonders bezüglich ihrer Anschlüsse (Bild 6).

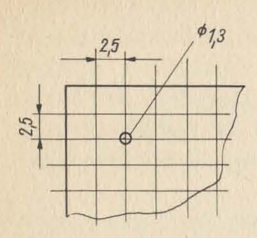
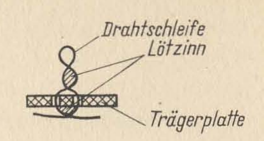


Bild 6
Rastermaß und Normloch der gedruckten Schaltung



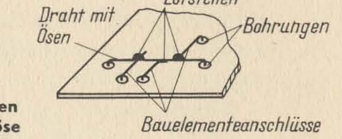
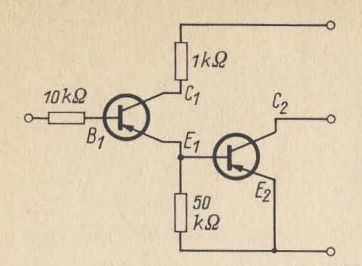


Bild 7
Verlegen einer flächenhaften Verdrahtung und Drahtlötöse

Die Anschlüsse temperaturempfindlicher Bauelemente (Transistoren, Dioden) werden so lang gelassen, wie sie sind. Man überzieht sie nur in entsprechender Länge mit Isolierschlauch. Im übrigen gilt die Regel: Bauelementeanschlüsse durch die Bohrungen stecken, in der vorher auf dem Papier festgelegten Richtung umbiegen und die erforderlichen Verbindungen mit anderen Bauelementen herstellen. Dabei möglichst an einer Stelle nie mehr als zwei Drähte zusammenbringen. Bild 7 gibt dazu noch einige Tips, auch für Lötanschlüsse nach außen (wenn dafür nicht handelsübliche Lötösen eingenietet oder Lötösenleisten aufgesetzt werden).

4.3. Steckbare Baugruppen

Viele der in diesem Bauplan beschriebenen Baugruppen lassen sich auch anderweitig einsetzen. In solchen Fällen stört es, wenn erst lange aus- und eingelötet werden muß. Elegant sind daher Steckanschlüsse, wie sie z. B. beim Amateur-Elektronikprogramm des VEB Meßelektronik Berlin Verwendung finden.
Einige der im Amateur-Elektronikprogramm enthaltenen Baugruppen ⟨6⟩ können bei etwas Umdenken auch für die hier beschriebenen Schaltungen eingesetzt werden, z. B. KUV 1 und 2GV 1 als Gleich-, 2NV 1 und GES 4–1 als Wechselspannungsverstärker, RG 1 als Signalgeber. Das ist besonders dem fortgeschrittenen Amateur zu empfehlen, der diese Baugruppen ohnehin oft schon besitzen wird. So erschließen sich ihm wieder neue Anwendungen.
Bei Verwendung von Abfallstücken kupferkaschierten Schichtpreßstoffs für gedruckte Schaltungen (im Handel erhältlich) sind einfache Muster auch schon durch Ritzen mit Feile oder Rasierklinge zu gewinnen (Bild 8). Sie haben den Vorteil, daß man auf diese Weise in 1-mm-Löcher 1-mm-Drahtstifte einlöten kann. Die Stecker gewinnt man z. B. aus alten Miniaturröhren (mit WFF löten!). Als Gegenstücke sind Federn aus Miniaturröhrenfassungen verwendbar, die man ebenfalls auf Leiterplattenhalbzeug aufreihen kann (Bild 9).



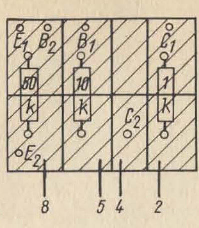


Bild 8
Gleichstromverstärker als Ritzmuster in kupferkaschiertem Schichtpreßstoff für gedruckte Schaltungen

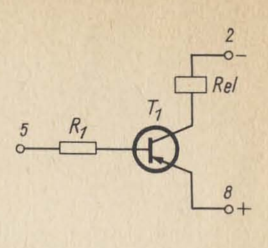


Bild 11
Relaisverstärker RV 1

Bild 12
Relaisverstärker mit hoher Empfindlichkeit RV 2

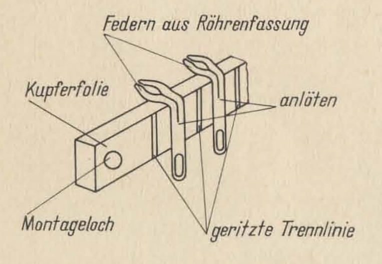


Bild 9
Steckverbindung aus Röhrenfassungsfedern auf kupferkaschiertem Schichtpreßstoff

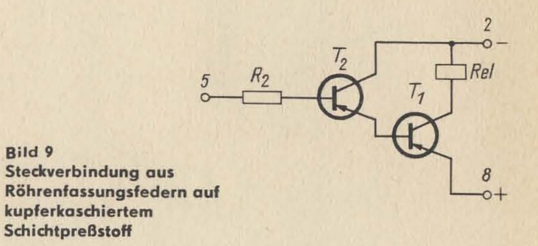
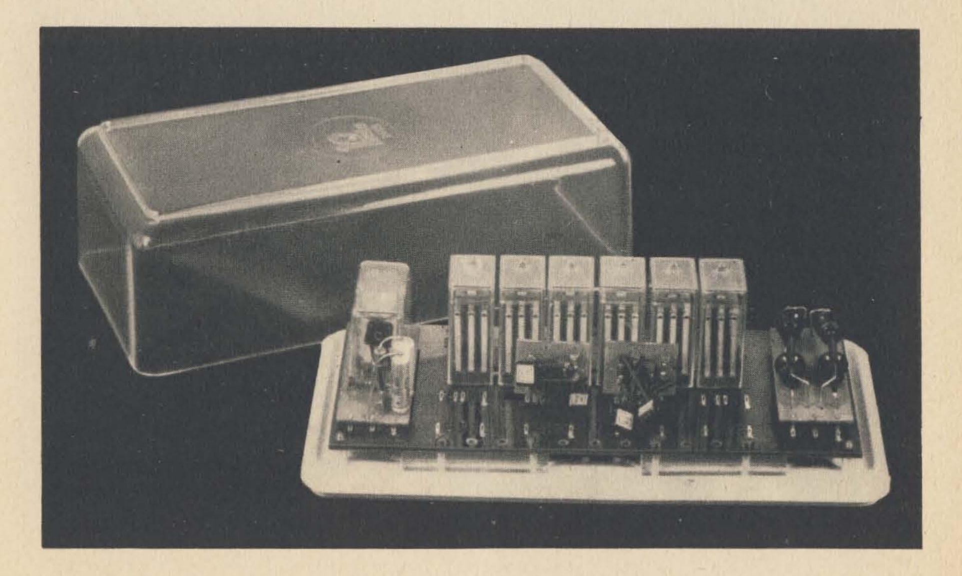


Bild 10 Elektronisches Halt- und Abfahrtssystem sowie Blocksicherungssystem in Plastdose



4.4. Gehäuse

Besteht der Wunsch, die einzelnen Baugruppen (ggf. auch für andere Zwecke und zusammen mit entsprechenden Batterien) in kleinen, formschönen Gehäusen unterzubringen, so bieten sich hierfür die bereits vielfach bewährten Kühlschrankbehälter, z. B. des VEB Formplast Sohland, an (250-, 750- und 2000-cm^3-Behälter, durchsichtig, mit farbigem Deckel). Bei entsprechender Vorsicht beim Löten (thermoplastisch!) sind die Deckel sogar als Bodenplatte für die Schaltung verwendbar. Zumindest kann man die Hartpapierplatte den Gehäuseinnenmaßen anpassen, wobei die leicht konische Form der Behälter das Einsetzen erleichtert.
Im übrigen bleibt jedoch die Gestaltung der Baugruppen und ihre Zusammenstellung dem Geschmack eines jeden selbst überlassen (s. z. B. Bild 10).

5. Funktion der verwendeten Baugruppen

Bild 11 zeigt, wie ein Relais vom Kollektorstrom eines Transistors gesteuert wird. Erhält die Basis über den Schutzwiderstand R1 einen Strom, so steigt der Kollektorstrom entsprechend dem Stromverstärkungsfaktor des Transistors und betätigt das Relais. Der Basisstrombedarf ist also bedeutend niedriger als der für das Relais notwendige Strom. Die Empfindlichkeit der Schaltung hängt vom Stromverstärkungsfaktor des Transistors ab.
In Bild 12 wurde mit Hilfe eines zweiten Transistors eine Emitterfolgeschaltung aufgebaut. Die Empfindlichkeit steigt beträchtlich, und der Eingangswiderstand dieser Schaltung ist wesentlich größer als bei der nach Bild 11. Es handelt sich um eine Kombination von Emitter- und Kollektorschaltung, die die Vorteile beider Schaltungen vereint. Bei Bild 11 und 12 muß der Transistor, in dessen Kollektorkreis das Relais liegt, dem Strombedarf dieses Relais angepaßt sein. Verwendet man z. B. ein Relais GBR 302 mit einem Wicklungswiderstand von 88 Ohm, so fließt bei 6 V Speisespannung nach dem Ohmschen Gesetz ein Strom von 68 mA, wenn man den Spannungsabfall am Transistor nicht berücksichtigt. Bei diesem Beispiel kommen wir also mit einem NF-Kleinleistungstransistor, z. B. des Typs GC 121, aus (max. Kollektorstrom 125 mA). Moderner, aber nicht für jede Schaltung geeignet ist die Anwendung eines Leistungstransistors statt eines Relais.
Bild 13 zeigt einen Gleichstromverstärker mit Vorstufe und Leistungstransistor GD 160. Mit ihm können bei ausreichender Kühlfläche Ströme bis zu 3 A geschaltet werden. Dabei ist aber zu beachten, daß die zulässige Verlustleistung des Transistors nicht überschritten wird. Der Basis des Transistors T1, für den sich ebenfalls ein GC 121 eignet, wird ein Fotowiderstand zugeordnet. Je nach Helligkeit fließt also (vgl. Abschnitt 2.) im Leistungstransistor ein kleiner oder großer Kollektorstrom, der entsprechende (im Kollektorkreis liegende) Geräte

an- oder abschalten kann. Selbstverständlich ist es möglich, diesen Fotowiderstand CdS 8 auch für die Schaltungen nach Bild 11 und 12 zu verwenden.
Bild 14 stellt den bereits beschriebenen zweistufigen Gleichstromverstärker dar. In der Basisleitung des ersten Transistors erkennt man eine Kondensator/Widerstand-Kombination. Wird den beiden Anschlüssen des Kondensators eine Spannung zugeführt (Minus am Basisanschluß), dann zieht das Relais sofort an, wie das auch bei der Schaltung nach Bild 12 der Fall sein würde. Gleichzeitig lädt sich der Kondensator entsprechend seinem Fassungsvermögen (Kapazität) auf. Genauer gesagt muß zunächst der Kondensator über den immer vorhandenen Innenwiderstand der Spannungsquelle auf eine gewisse Spannung geladen sein, bevor der Basisstrom einen für die Betätigung des Relais ausreichenden Wert erlangt. Durch die im Kondensator nach beendeter Ladung gespeicherte Energie bleibt das Relais aber auch dann noch angezogen, wenn die Eingangsspannungsquelle abgetrennt wird. Die Zeit bis zur Entladung des Kondensators ist abhängig von seiner Kapazität, vom parallelliegenden Widerstand R3 und vom Widerstand der Basis-Emitter-Strecke des Transistors T1. Mit dieser Schaltung kann erreicht werden, daß das Relais bei einem kurzen Stromimpuls am Eingang über längere Zeit angezogen bleibt. Die Schaltung wird im folgenden Z e i t s c h a l t e r genannt.
Eine weitere Baustufe, deren Verhalten ebenfalls von Kondensatorladungen beeinflußt wird, zeigt Bild 15. Auf die Erläuterung der Funktion wird bewußt verzichtet, da ein Bauplan aus Platzgründen stets nur die wichtigsten Informationen zum Thema vermitteln kann. ⟨9⟩ gibt über solche Schaltungen Auskunft. Es handelt sich um einen astabilen Multivibrator. Am Kollektor der Transistoren können wir bei entsprechender Dimensionierung – evtl. mittels Nachschalten von Gleichstromverstärkern – Signale für Blinkzwecke o. ä. abnehmen. Die beiden Transistoren sind abwechselnd geöffnet und gesperrt; die entsprechenden Zeiten hängen vor allem von der Größe der verwendeten Kondensatoren und Widerstände ab.
Etwas abgewandelt zeigt Bild 16 den bereits besprochenen, ursprünglichen Gleichstromverstärker als Niederfrequenzverstärker. Hier wurde in den Eingangskreis des ersten Transistors eine Mikrofonkapsel (s. 2.2.) gelegt, die – von einem akustischen Signal (Ruf, Pfiff o. ä) getroffen – eine geringe Wechselspannung der betreffenden Tonfrequenz erzeugt. Diese wird in den beiden Transistoren verstärkt und gelangt an die im Kollektorkreis des zweiten Transistors liegende Transformatorwicklung. An der Sekundärwicklung steht eine vom Kollektorkreis gleichstrommäßig getrennte Spannung entsprechend dem Übersetzungsverhältnis zur Verfügung, die man weiterverwenden kann. Im vorliegenden Fall wird sie von einer Diode gleichgerichtet. Die entstehende Gleichspannung braucht man für nachfolgend beschriebene Anwendungsbeispiele.
In den meisten Fällen ist der Verbraucher für die durch Relais oder Leistungstransistoren zu schaltenden Ströme in der Modellbahnelektronik das Triebfahrzeug. Die Stromzuführung erfolgt über die Schienen.

Erwähnenswert sind bei der Beschaltung von Gleisanlagen Trenn-, Schalt- und Unterbrecherschienen.
Unter T r e n n s c h i e n e versteht man ein kurzes Gleisstück, bei dem eine Schiene elektrisch unterbrochen ist.
Ein S c h a l t g l e i s hat in der Nähe einer Schiene ein kurzes Kontaktstück. Rollen die metallischen Räder des Triebfahrzeugs über das Schaltstück, so schließt sich der Stromkreis zwischen Schiene und Kontaktstück.
Mit U n t e r b r e c h e r s c h i e n e wird ein Gleisstück bezeichnet, das wie eine Trennschiene elektrisch unterbrochen ist, aber an beiden Seiten des unterbrochenen Gleisabschnitts einen Anschluß zur Stromzuführung trägt.
Trenn-, Schalt- und Unterbrechergleis kann man sich mit einigem Geschick selbst herstellen. Statt der Anschlüsse zur Stromzuführung können die Anschlußteile bei etwas Vorsicht auch direkt an das Gleis angelötet werden. Bild 17 zeigt einige solcher Schaltgleise (Bild 17 d siehe S. 28).

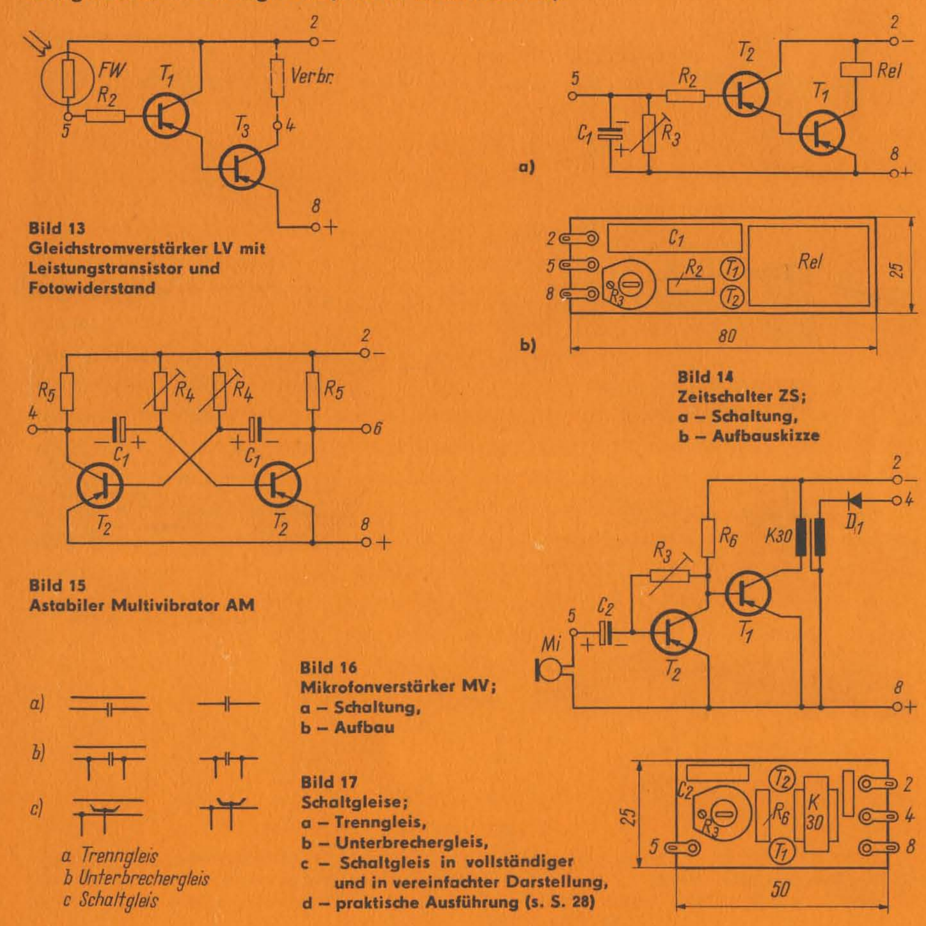


Bild 13
Gleichstromverstärker LV mit Leistungstransistor und Fotowiderstand

Bild 14
Zeitschalter ZS;
a – Schaltung,
b – Aufbauskizze

Bild 15
Astabiler Multivibrator AM

Bild 16
Mikrofonverstärker MV;
a – Schaltung,
b – Aufbau

Bild 17
Schaltgleise;
a – Trenngleis,
b – Unterbrechergleis,
c – Schaltgleis in vollständiger und in vereinfachter Darstellung,
d – praktische Ausführung (s. S. 28)

6. Anwendungsbeispiele und Funktionsablauf

Die beschriebenen Anwendungsbeispiele beziehen sich auf einfache Grundschaltungen. Es bleibt dem ernsthaften Amateur überlassen, diese verschiedenen Beispiele zu kombinieren und zu erweitern.

6.1. Halt- und Abfahrtsautomatik in einer Fahrtrichtung

Diesem Beispiel liegt folgender Gedanke zugrunde:
Ein Schienenoval führt an einem Bahnhof vorbei. Bei Ankunft im Bahnhof halten die Züge selbsttätig. Nach Ablauf einer gewissen Zeit (Ein- und Aussteigen) fahren sie selbsttätig weiter. Bild 18 zeigt ein solches Schienenoval. Im Bahnhofsgelände ist ein Streckenabschnitt durch Trenn- und Unterbrechergleise vom Gesamtstromkreis abschaltbar. Die beschriebene Anlage funktioniert nur in der durch einen Pfeil markierten Fahrtrichtung, vorausgesetzt, daß dabei vom Trafo die in Klammern angegebene Polarität angeboten wird. In entgegengesetzter Fahrtrichtung ist die Haltautomatik außer Betrieb. Überfährt ein Zug das Schaltgleis, so schließt die Lok die Verbindung zwischen Schiene (–) und Kontakt des Schaltgleises. Schaltpunkt 5 des Zeitschalters nach Bild 14 erhält negative Spannung. Das Relais des Zeitschalters wird betätigt und durch die Aufladung des Kondensators auch dann noch festgehalten, wenn zwischen Schiene und Schaltgleisanschluß keine Kontaktgabe mehr erfolgt. Erst nach Ablauf einer bestimmten Zeitspanne, die im wesentlichen von der Kapazität des Kondensators abhängt, schaltet das Relais in seine Ausgangslage zurück. Im Ruhezustand ist der Kontakt (rel) des Relais geschlossen. Erst bei Betätigung des Zeitschalters öffnet er, so daß nach Einfahren des Zuges der Abschnitt zwischen Trenn- und Unterbrechergleisstück stromlos wird und zum Halten des Zuges führt. Nach Ablauf der Haltezeit im Zeitschalter schließt der Relaiskontakt wieder, der stromlose Gleisabschnitt wird stromführend: der Zug setzt seine Fahrt fort. Würde die Polarität am Fahrtrafo und damit die Fahrtrichtung des Zuges geändert, so könnte der Zug wegen der Anordnung des Schaltgleises und wegen der Zuführung von positivem Potential zum Schaltpunkt 5 weder automatisch halten noch automatisch abfahren. In dieser Fahrtrichtung kann aber ohne Beschädigung der Transistoranlage ein normaler Zugverkehr ohne Haltautomatik durchgeführt werden.
Zur Betätigung des Zeitschalters ist eine zusätzliche 6-V-Quelle notwendig (z. B. vier in Serie geschaltete Monozellen).

6.2. Halt- und Abfahrtsautomatik in zwei Fahrtrichtungen

Bild 19 zeigt das Schaltprinzip einer Halt- und Abfahrtsautomatik, die in beiden Fahrtrichtungen funktioniert. An den beiden Anschlüssen des Fahrtrafos liegen zwei 1-A-Germaniumdioden (D2, z. B. GY 111). Beide polt man so, daß ihre Katoden miteinander verbunden sind. Durch die Verwendung von zwei Schaltgleisen wird bewirkt, daß die Haltautomatik in beiden Richtungen funktioniert. Hat z. B. die obere Schiene des Gleises durch entsprechende Fahrschaltereinstellungen negatives Potential und betätigt ein Zug, von links nach rechts fahrend, das Schaltgleis, so bekommt der Zeitschalter negatives Potential und löst aus. Der Haltegleisabschnitt zwischen den Trennschienen wird stromlos. Setzt der Zug nach Ablauf der Kondensatorentladung des Zeitschalters seine Fahrt wieder fort, so schließt er auch den Kontakt am zweiten Schaltgleis. Dieser Kontakt liegt an der gegenüberliegenden Schiene, die zur Zeit Pluspotential führt. Zum Schaltpunkt 5 gelangt ein positiver Spannungsstoß, der selbstverständlich den Zeitschalter nicht zum Auslösen bringt, da der Eingangstransistor des Zeitschalters nicht geöffnet wird.

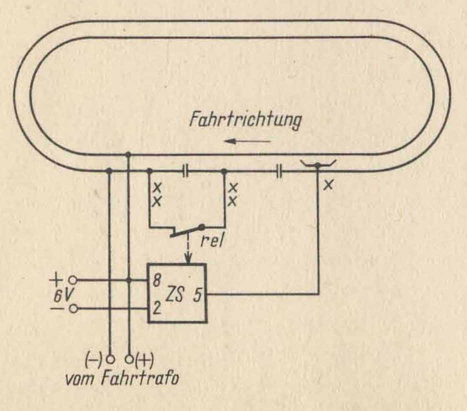


Bild 18
Halt- und Abfahrtsautomatik in einer Fahrtrichtung

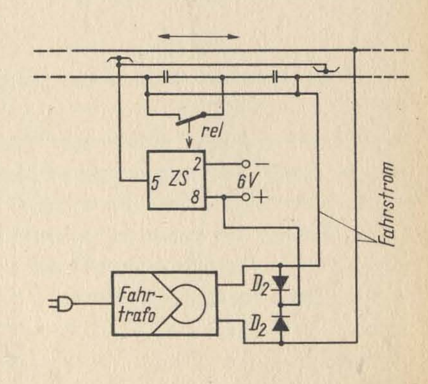


Bild 19
Halt- und Abfahrtsautomatik in beiden Fahrtrichtungen

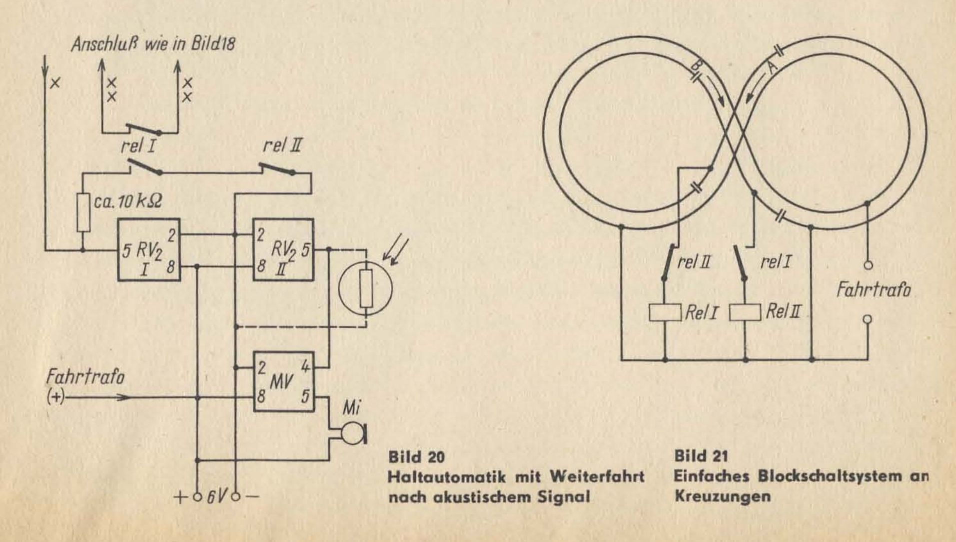


Bild 20
Haltautomatik mit Weiterfahrt nach akustischem Signal

Bild 21
Einfaches Blockschaltsystem an Kreuzungen

6.3. Haltautomatik mit Weiterfahrt nach akustischem Signal

Diese Schaltung ist wegen ihrer besonderen Effekte recht reizvoll (Bild 20). Sie enthält mehrere der beschriebenen Baugruppen und kann statt des Zeitschalters nach Bild 18 oder 19 in die dort skizzierten Gleisabschnitte eingeschaltet werden. Die Schaltung nach Bild 20 enthält einen Relaisverstärker nach Bild 11 oder 12. Der Relaisschalter wird (wie bei Schaltung 18 oder 19) durch die Schaltgleise ausgelöst und bringt durch Öffnen seines Kontakts den Zug im Trenngleisabschnitt zum Stehen. Im Gegensatz zu den vorher beschriebenen Schaltungen fährt der Zug nach einem vorgegebenen Zeitabschnitt nicht selbsttätig an, weil ein zweiter Arbeitskontakt des Relaisverstärkers (I) über einen Widerstand von 10 kOhm dafür sorgt, daß das Relais nicht wieder abfallen kann. Über diesen zweiten Kontakt erhält der Schaltpunkt 5 des RV zusätzliche negative Spannung, die das Relais in dieser Baustufe ständig hält. Außerdem ist dieser Relaiskontakt mit dem Kontakt des zweiten Relaisverstärkers kombiniert. Kontakt rel II jedoch ist im Ruhezustand dauernd geschlossen und mit dem negativen Pol der Zusatzstromquelle verbunden. Am Schaltpunkt 5 des zweiten Relaisverstärkers (II) befindet sich die Verbindung zum Ausgang des Mikrofonverstärkers (MV). Betätigt ein lautes Geräusch das am Schaltpunkt 5 des Mikrofonverstärkers angeschlossene Mikrofon, dann wird die entstehende Mikrofonwechselspannung vom MV verstärkt und von der Diode gleichgerichtet. Diese gleichgerichtete negative Spannung löst den Relaisverstärker (II) aus, der Relaiskontakt (rel II) öffnet sich, und dem Punkt 5 des ersten Relaisverstärkers (I) wird keine Spannung mehr zugeführt. Relaisverstärker (I) kehrt dadurch in seine Ruhelage zurück und versorgt durch Betätigen seiner Kontakte den Trenngleisabschnitt wieder mit Strom: Der Zug kann nun seine Fahrt fortsetzen. Sind die verwendeten Relais sehr träge oder ist ihr Kontaktabstand zu groß, so empfiehlt es sich, parallel zu den Schaltpunkten 5 und 8 beider Relaisverstärker Kondensatoren von etwa 10 nF zu schalten.

6.4. Haltautomatik mit Weiterfahrt nach optischem Signal

Die eben beschriebene Schaltung ist nicht nur für die Fortsetzung der Fahrt nach Auslösen durch das optische Signal geeignet, sondern kann für andere Zwecke variiert werden. Denkbar sind eine Signalsteuerung beim Unterbrechen eines Lichtstrahls durch vorbeifahrende Züge, automatisches Ein- und Ausschalten von Bahnhofs- und Zugbeleuchtung bei entsprechender Außenhelligkeit u. ä. Für diese Automatik ist keine zusätzliche Schaltungsbeschreibung erforderlich.

In Bild 20 wurde der lichtelektrische Empfänger bereits gestrichelt eingezeichnet. Alle Bauelemente bleiben wie in Bild 20, mit Ausnahme des Mikrofonverstärkers (MV) und des Mikrofons. An den positiven Anschluß der Zusatzstromquelle

und an Schaltpunkt 5 des Relaisverstärkers II wird ein Fotowiderstand (etwa CdS 8 des VEB Carl Zeiss) gelegt. Strahlt man ihn z. B. mit einer Taschenlampe an, dann verringert sich sein Innenwiderstand so weit, daß Schaltpunkt 5 des Relaisverstärkers genügend Strom bekommt (–) und das Relais von RV II anzieht. Sowohl Vorgang als auch Schaltung (die beiden Relaisverstärker und der Fotowiderstand) sind den im vorigen Abschnitt beschriebenen gleich. Der Unterschied besteht lediglich darin, daß Mikrofonverstärker und Mikrofon durch einen o p t i s c h e n S i g n a l e m p f ä n g e r (Fotowiderstand) ersetzt werden.

Für andere Anwendungsbeispiele genügt selbstverständlich ein Relaisverstärker RV 1 oder RV 2 mit vorgeschaltetem Fotowiderstand (zwischen Anschluß 2 und 5).

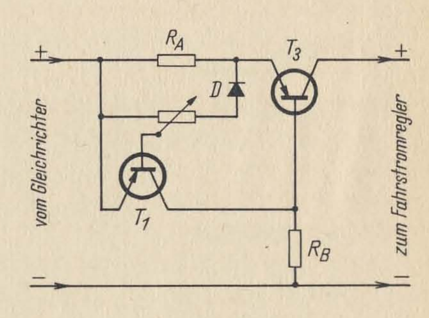


Bild 23
Überstromschutz

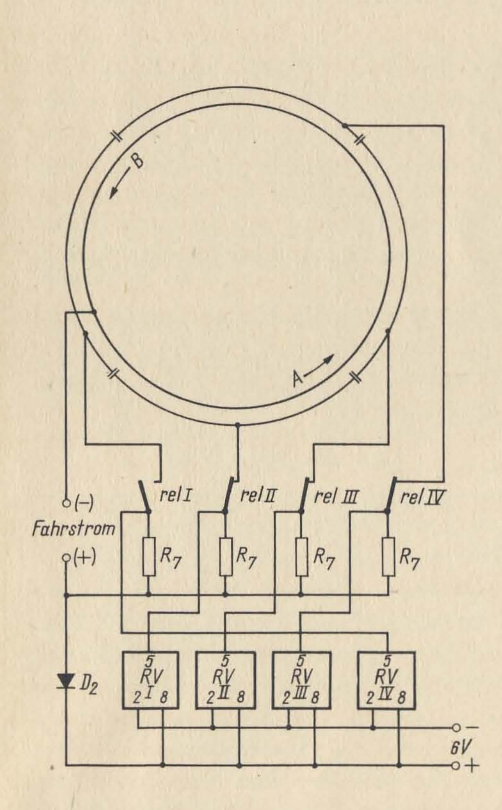


Bild 22
Blocksicherungssystem für mehrere Züge auf gleicher Strecke

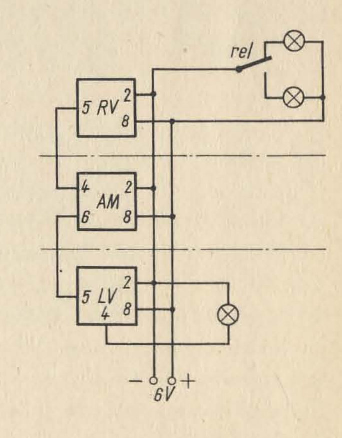


Bild 24
Blinkautomatik

6.5. Einfaches Blockschaltsystem an Kreuzungen

Befinden sich zwei Züge in der Nähe einer Kreuzung, so wird durch ein Schaltsystem dafür gesorgt, daß der den Kreuzungsbereich zuerst erreichende Zug seine Fahrt fortsetzen kann, während der zweite Zug vor dem Kreuzungsbereich so lange warten muß, bis der erste vorbei ist. Die Funktionsschaltung (Bild 21) setzt voraus, daß zwei Relais vorhanden sind, deren Strombedarf zum sicheren Schalten nicht höher liegt als die Stromaufnahme des fahrenden Zuges. Dabei darf der Spannungsabfall am Relais nicht groß sein, damit sich die Geschwindigkeit nicht wesentlich verringert. Solche Relais sind nicht immer erhältlich. Sie können aber durch eine Anordnung, wie sie der nächste Abschnitt beschreibt, ersetzt werden. Im Mustergerät wurden zufällig vorhandene Relais mit folgender Bezeichnung verwendet: 20-1200; 0,2 CuL; Stuhrmann-KG – FW III 00001.
Die Funktion der Schaltung nach Bild 21 soll an einem Beispiel erläutert werden: Fährt der erste Zug in den Trennschienenabschnitt (etwa bei A) ein, dann fließt der Fahrstrom zusätzlich über den Kontakt rel II und über das Relais I. Durch den Fahrstrom wird Relais I angezogen und öffnet den Kontakt rel I im kreuzenden Trennschienenabschnitt. Fährt jetzt auf diesem Abschnitt der zweite Zug bei B ein, dann kann er seine Fahrt nicht fortsetzen, weil durch den geöffneten Kontakt rel I der Stromkreis unterbrochen ist. Wenn Zug 1 den Trennschienenabschnitt verlassen hat, nimmt Relais I wieder seine Ruhestellung ein und schließt Kontakt rel I. Zug 2 kann jetzt die Kreuzung passieren und öffnet über Relais II den Stromkreis des Kontakts rel II im anderen Trennschienenabschnitt, so daß ein dort einfahrender Zug wiederum halten muß.
Sollten die Wicklungen der verwendeten Relais nur für geringen Strom geeignet sein, so kann man entsprechende Widerstände parallel zu den Relaiswicklungen schalten. Ein Flattern der Relais verhindern Kondensatoren größerer Kapazität, die zur Relaiswicklung parallelgeschaltet werden.

6.6. Blocksicherungssystem für mehrere Züge auf gleicher Strecke

Bild 22 zeigt ein solches Blocksystem. Eine Schiene des Gleisovals (Kreis) ist durch eingebaute Trennschienen in vier abschaltbare Abschnitte unterteilt. Jeder von ihnen liegt über einen Relaiskontakt und einen Widerstand am Pluspol des Fahrstromschalters. Die Relaiskontakte sind im Ruhezustand geschlossen (Ruhekontakte). Die Widerstände (R7) werden vom Strom durchflossen, wenn über den zugehörigen Streckenabschnitt ein Zug fährt. Der Strom durch den Widerstand entspricht der Stromaufnahme der Lok. Die Widerstände sind so dimensioniert, daß bei langsamer Fahrt ein Spannungsabfall von etwa 1 V entsteht. Ein genauer Wert von R7 kann daher nicht angegeben werden. Er liegt

bei einigen Ohm und läßt sich durch Versuche ermitteln. Belastungsmäßig müssen die Widerstände so ausgelegt sein, daß sie den Fahrstrom von 0,2 bis 1 A aushalten.
Parallel zu den vier Widerständen R7 liegt jeweils der Eingang eines Relaisverstärkers. Immer dann, wenn durch eine Lok auf einem Streckenabschnitt über den Widerstand Strom fließt, fällt am Widerstand eine Spannung ab. Diese bringt den entsprechenden Relaisverstärker zum Umschalten. Dadurch wird der zugehörige Relaiskontakt geöffnet. Befährt beispielsweise eine Lok an Punkt A den Trenngleisabschnitt, dann schaltet durch den Spannungsabfall an R7 der Relaisverstärker I um. Der Relaiskontakt I öffnet sich: der Gleisabschnitt, auf dem sich Lok 2 gerade befindet (B), wird stromlos. Lok 2 kann erst dann weiterfahren, wenn Lok 1 ihren Gleisabschnitt verlassen hat und damit RV I wieder zurückschaltet. rel I schließt nun, und der Gleisabschnitt für Lok 2 bekommt wieder Strom. In dem Augenblick, wo Lok 2 weiterfahren kann, fällt am Widerstand ihres Gleisabschnitts wiederum Spannung ab. Dadurch wird der zum Kontakt rel IV gehörende Trenngleisabschnitt über Relaisverstärker IV stromlos.
Das beschriebene Schaltsystem verhindert also das Auffahren von Zügen, wenn sich mehrere von ihnen auf einem Gleis in gleicher Fahrtrichtung befinden. Bedingt durch die Transistorschaltung, arbeitet das beschriebene Blockschaltsystem nur in einer Fahrtrichtung, wenn am Fahrstromschalter die im Bild angegebene Polarität herrscht. In umgekehrter Fahrtrichtung ist das System außer Betrieb. Die Diode D2 schützt die Transistorrelais bei Umpolen des Fahrschalters.
Die Widerstände R7 können selbst gewickelt werden. Den Widerstandsdraht gewinnt man von einem älteren Drahtwiderstand. Damit die Relaisverstärker bereits bei geringer Spannung schalten, ohne daß ein größerer Spannungsverlust entsteht, sollte man die Relaisverstärker RV 2 nach Bild 12 benutzen.

6.7. Uberstromschutz

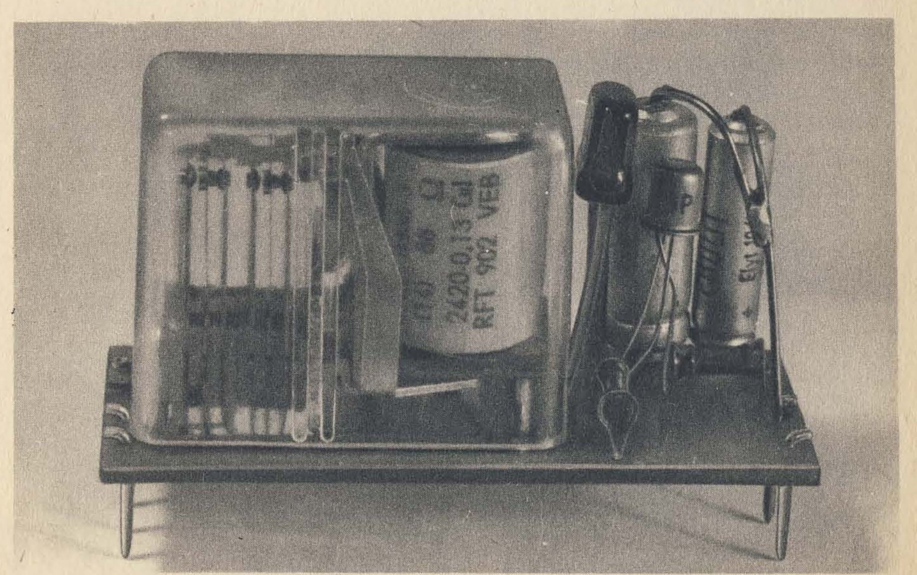
Für Transistorschaltungen sind die im Fahrtrafo eingebauten Kurzschlußauslösungen zu träge. Ein Überstromschutz mit Transistoren arbeitet wesentlich schneller. Außerdem muß er nicht von Hand wieder eingeschaltet werden. Bild 23 zeigt solch eine einfache Anordnung. Sie wird zwischen Gleichrichter und Fahrstromregler im Fahrtrafo angebracht. In der Plusleitung befindet sich ein Leistungstransistor, der durch den Widerstand R_B (etwa 50 Ohm) dauernd geöffnet ist. Des weiteren schaltet man dem Leistungstransistor noch einen Widerstand R_A vor. Diesen wickelt man selbst (etwa 0,5 Ohm). Außerdem enthält die Schaltung einen Transistor T1 (150-mW-Typ). Wird der Fahrtrafo normal belastet, dann ist T1 außer Funktion. Erst dann, wenn durch Kurzschluß der Strom stark ansteigt, fällt an R_A eine so hohe Spannung ab, daß T1 leitend wird. Er

bildet dann mit R_B einen Spannungsteiler und sperrt den Leistungstransistor T3 teilweise oder ganz. Wird der Kurzschluß aufgehoben, dann öffnet T3 wieder selbsttätig. Um den Einsatzpunkt für die Sperrung von T3 regelbar zu machen, kann parallel zum Widerstand R_A ein Einstellregler von 100 bis 500 Ohm geschaltet werden. Die Diode D sorgt dafür, daß die Anlage erst bei höherem Spannungsabfall an R_A in Funktion tritt.
Die Strombelastung der gesamten Anordnung ist durch die Grenzwerte von T3 begrenzt. Es lassen sich aber auch mehrere Leistungstransistoren parallelschalten.

6.8. Schalt- und Blinkautomatik

Bild 24 skizziert eine Blinkautomatik. Als Taktgeber wird ein astabiler Multivibrator benutzt. Dieser schließt und öffnet seine beiden Transistoren abwechselnd. Durch entsprechende Bemessung der Widerstände und Kondensatoren werden die günstigsten Schließ- und Öffnungszeiten festgelegt (z. B. 1 Sekunde). Die Kollektorausgänge (Punkt 4 bis 6) des Multivibrators AM sind im Beispiel mit einem Relaisverstärker und mit zwei Glühlämpchen verbunden, die von den Relaiskontakten wechselseitig ein- und ausgeschaltet werden. An Punkt 6 wurde ein Leistungsverstärker angeschlossen, in dessen Ausgang eine Glühlampe rhythmisch aufblinkt.

Bild 25
Konstruktiver Aufbau eines Transistor-Zeitrelais-Bausteins



7. Weitere Einsatzmöglichkeiten

Die in diesem Bauplan angeführten Schaltungen, besonders die einzelnen Baustufen, sind nicht nur für die vorgestellten Zwecke verwendbar. Die Relaisverstärker können überall dort eingesetzt werden, wo es darauf ankommt, mit kleinen Eingangssignalen größere Ausgangssignale zu erzielen.
Zusammen mit einem Fotowiderstand lassen sich die Relaisverstärker als Dämmerungsschalter, als Abblendautomatik im Kfz., als Parklichtautomatik usw. verwenden.
Durch Unterbrechen des Lichtstrahls und Auswertung der Impulse in einem Zählwerk kann diese Schaltung auch zum elektronischen Zählen benutzt werden.
Bei kybernetischen Tieren kann man Relaisverstärker und Fotowiderstände als „Sehorgane" einsetzen.
Wird ein Kontakt, der beim Anstoßen schaltet, mit dem beschriebenen Zeitschalter verbunden, so läßt sich diese Anordnung als Tastorgan verwenden.
Mit einem einfachen Druckknopf ausgestattet, dient der Zeitschalter auch als Belichtungsuhr in der Dunkelkammer.
Eine Verbindung von Mikrofon, Mikrofonverstärker und Relaisverstärker kann man als Schallsicherung verwenden oder zum Einschalten einer Beleuchtung o. ä. durch Pfiff oder Ruf. (Ähnliche Beispiele brachte Bauplan 3 dieser Reihe: „Elektronische Schalt- und Überwachungsgeräte ZERBERUS").
Der beschriebene Überstromschutz ist überall dort brauchbar, wo Abschalten eines Vorgangs bei bestimmtem Strom verlangt wird. Der Einsatz des astabilen Multivibrators als Blink- oder Taktgeber wurde im Bauplan nicht ausführlich beschrieben. Er kann in Verbindung mit Relais- oder Leistungsverstärker vielseitige Anwendung finden: als blinkende Warnleuchte, als Taktgeber in Verbindung mit einem Tongenerator, als Wechselblinker usw.
Bereits aus diesen wenigen Beispielen ist zu ersehen, wie vielseitig die Baustufen eingesetzt werden können, was nochmals die Zweckmäßigkeit des getrennten Aufbaus unterstreicht.

8. Dimensionierungsbeispiele und Bezeichnungen für die Schaltungen 11 bis 23

T1 Transistor entsprechend dem verwendeten Relais (z. B. bei GBR 302 mit 88 Ohm Wicklungswiderstand bei 6 V ist ein GC 121 – früher OC 821 – geeignet)

T2	Transistoren GC 116 bis 121 oder GC 100 (früher OC 811 bis 825, OC 870)
T3	4-W-Leistungstransistor, z. B. GD 160 (früher OC 836)
R1	Schutzwiderstand 1 kOhm/0,1 W
R2	Schutzwiderstand 15 kOhm/0,05 W
R3	Einstellregler etwa 250 kOhm/0,1 W
R4	Widerstand 50 kOhm/0,05 W (eventuell Kombination 2 kOhm und Einstellregler 50 kOhm/0,1 W)
R5	Widerstand 200 Ohm bis 2 kOhm/0,25 W
R6	Widerstand 10 bis 50 kOhm (abhängig vom Stromverstärkungsfaktor des Transistors)
R7	Widerstand entsprechend Beschreibung
C1	Miniatur-Elko 10 bis 500 μF/12 bis 15 V je nach gewünschter Schaltzeit
C2	Miniatur-Elko 5 μF/3V
D1	Universaldiode, z. B. OA 705
D2	Germaniumdiode 1 A, z. B. GY 111
Rel	entsprechende Relais (bei Schaltung nach Bild 11 bis 14 mit möglichst hohem Wicklungswiderstand bei 6 V) geeignet GBR 302 (88 Ohm) oder ST 10 (120 Ohm)
rel	Kontakte der entsprechenden Relais
K 30	Treibertrafo aus dem Transistorempfänger „T 100" bzw. „Stern 102" (primär rot und weiß, sekundär grün, grün; schwarz bleibt frei)
FW	Fotowiderstand CdS 8, VEB Carl Zeiss

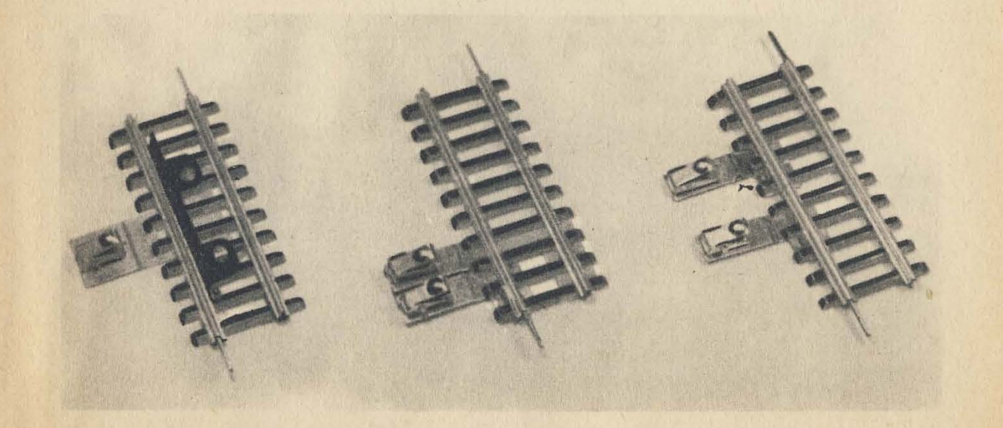
9. Richtpreise

Die Angaben können je nach Gelegenheit im örtlichen Angebot schwanken und sind daher nur als Richtwerte aufzufassen.

Kleinleistungstransistoren je nach Qualität (Basteltypen wesentlich billiger)	3,00 bis 6,00 MDN
Leistungstransistoren (auch hier Basteltypen erhältlich)	5,00 bis 10,00 MDN
Widerstände 0,05 und 0,1 W	0,20 MDN
regelbarer Widerstand (Einstellregler)	1,00 MDN
NV-Elkos	1,50 MDN
Spitzendioden	1,00 MDN
1-A-Gleichrichter je nach Sperrspannung	2,00 bis 10,00 MDN
Relais GBR und ST	7,00 bis 10,00 MDN
Trafo K 30	6,00 MDN
Fotowiderstand CdS 8	13,00 MDN

10. Bezugsquellen für elektronische Bauelemente

Da sich Fachgeschäfte für Modellbahnen ohnehin in jeder größeren Stadt befinden, sei an dieser Stelle nur zum Bezug von elektronischen Bauelementen noch einiges gesagt. Sehr oft erhält man sie schon in einer anderen Abteilung der genannten Geschäfte, da viele von ihnen auch die Belange des Funkamateurs befriedigen. Stellvertretend für alle anderen aber ist die bekannte Verkaufsstelle „funkamateur" in 8023 Dresden, Bürgerstraße 47, aus der inzwischen das Versandhaus für Amateurbedarf für die gesamte DDR im Rahmen des RFT-Industrievertriebs geworden ist. Filialen des RFT-Industrievertriebs befinden sich ebenfalls in jeder größeren Stadt. Auch die meisten Spezialgeschäfte für Bauelemente der Rundfunktechnik dürften die genannten Teile führen.



11. Literatur

Da dem Modellbauer die Literatur für sein spezielles „Bahnhobby" bekannt sein dürfte, sei auch hier nur auf die elektronische Seite verwiesen. Es handelt sich vor allem um die Broschürenreihen „Der junge Funker" und „Der praktische Funkamateur" des Deutschen Militärverlags, außerdem um die bereits erschienenen vier Baupläne der vorliegenden Reihe:

Transistor-Taschenempfänger START 1 bis 3
Mehrzweck-Wechselsprechanlage DIALOG
Elektronische Schalt- und Überwachungsgeräte ZERBERUS I bis VI
Prüfgeräte für Transistoren und Dioden

Speziell werden empfohlen (Reihe „Der praktische Funkamateur"):

⟨1⟩ Morgenroth: Funktechnische Bauelemente I (Heft 23)
⟨2⟩ Morgenroth: Funktechnische Bauelemente II (Heft 37)
⟨3⟩ Morgenroth: Funktechnische Bauelemente III (Heft 46)
⟨4⟩ Schlenzig: Die Technik der gedruckten Schaltung (I) – Grundlagen und Technologie (Heft 26)
⟨5⟩ Schlenzig: Die Technik der gedruckten Schaltung (II) – Praxis (Heft 31)
⟨6⟩ Schlenzig: Die Technik der gedruckten Schaltung (III) – Baugruppentechnik (Heft 41)

Viele zusätzliche Anregungen vermitteln außerdem:

⟨7⟩ Das große Radiobastelbuch von K.-H. Schubert
⟨8⟩ Das große Elektronikbastelbuch von H. Jakubaschk
und speziell zur Halbleitertechnik:
⟨9⟩ Transistortechnik für den Funkamateur von H.-J. Fischer

1.–25. Tausend · Deutscher Militärverlag · Berlin 1966 · Lizenz-Nr. 5 · Redaktionsschluß: 17. Dezember 1965 · Lektor: Sonja Topolov · Zeichnungen: Brigitta Westphal · Typografie: Günter Hennersdorf Korrektor: Hans Braitinger · Hersteller: Werner Briege · Gesamtherstellung: Sachsendruck Plauen

Auszug aus dem Katalog Halbleiter-Bauelemente · VEB Halbleiterwerk Frankfurt / Oder

Germanium-Transistoren mit größerem Toleranzbereich **Transistoren**

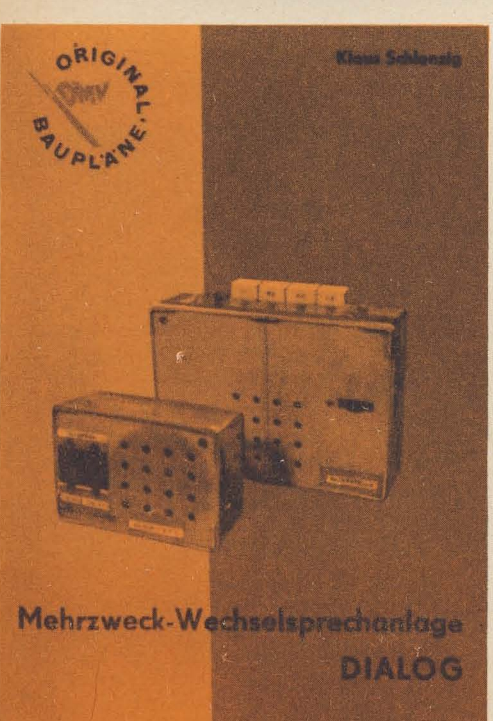
Typ	Statische Werte		Dynamische Werte		Höchstwerte				
	$-J_{CBO}$ [μA]	$-J_{CEO}$ [μA]	f_{h21b} (f_1) [MHz]	h_{21e} (Y_{21e}) $\frac{[mA]}{[V]}$	P_C [mW]	$-J_C$ [mA]	$-J_{CE}$ [V]	Bau-form	Verwendungszweck
LC 810[1])	≤ 30	≤ 1000	≥ 0,2	10 . . . 80	25	15	10	13	NF-Transistor für Vorstufen
LC 815	≤ 30	≤ 1000	≥ 0,2	10 . . . 80	50 . . 100	50	10	13	NF-Transistor
LC 824	≤ 30	≤ 1500	≥ 0,2	10 . . . 80	120 . . 150	150	–	13	NF-Transistor
LD 830	≤ 50	≤ 2000	–	–	1000	1000	–	15	NF-Leistungstransistor
LD 835	≤ 100	≤ 4000	–	–	4000	3000	–	15	NF-Leistungstransistor
LF 871	≤ 30	≤ 1500	≥ 3,0	20 . . . 100	30	15	–	17	NF-Transistor
LF 880	≤ 15	–	(≥ 10)	(≥ 8)	–	10	–	18	Mischstufen bis 8 MHz
LF 881	≤ 15	–	(≥ 10)	(≥ 8)	–	10	–	18	ZF-Stufen für FM (10,7 MHz)

[1]) Fertigung ausgelaufen

Die Transistoren dieser Typenreihe eignen sich speziell für Lehr- und Amateurzwecke, können aber jederzeit auch in anspruchsvolleren Schaltungen eingesetzt werden. **Zu Sonderpreisen in Fachgeschäften erhältlich**







Lieber Leser!

Hier sehen Sie die Titelbilder
der augenblicklich noch begrenzt
lieferbaren Originalbaupläne.

Neu erschienen ist:

Originalbauplan Nr. 4

Prüfgeräte für Dioden und Transistoren

von Klaus Schlenzig

In Herstellung befindet sich:

Originalbauplan Nr. 6

Transistortaschensuper JUNIOR 1 bis 3

von Klaus Schlenzig

– erscheint etwa September/Oktober 1966 –

Kritische Hinweise und Anregungen
nimmt jederzeit unter dem Stichwort
„Elektronikbaupläne“ gern entgegen

Ihr **Deutscher Militärverlag**
1055 Berlin, Storkower Straße 158